

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **06333259 A**

(43) Date of publication of application: **02 . 12 . 94**

(51) Int. Cl

**G11B 7/135**  
**G11B 7/14**

(21) Application number: **06030184**

(22) Date of filing: **28 . 02 . 94**

(30) Priority: **26 . 03 . 93 JP 05 68721**

(71) Applicant: **FUJI XEROX CO LTD**

(72) Inventor: **OTA TAKESHI**

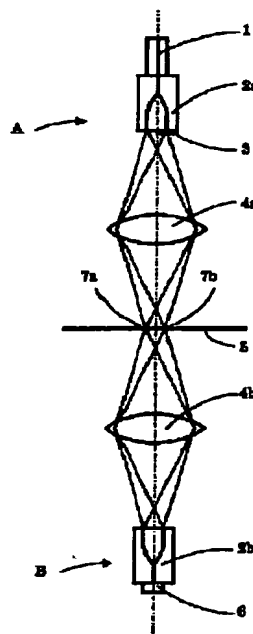
(54) **OPTICAL RECORDING INFORMATION  
REPRODUCING DEVICE AND OPTICAL  
MULTILAYERED RECORDING MEDIUM**

(57) Abstract:

**PURPOSE:** To provide the optical recording information reproducing device hardly affected by a recording layer which is not addressed at the time of reproducing of the optical multilayered recording medium.

**CONSTITUTION:** Two pieces of laser beams having a  $180^\circ$  phase difference from a light source section A are imaged by a lens 4a on the optical recording medium 5. Two pieces of the laser beams past the optical recording medium 5 are multiplexed by an optical coupler 2b and is supplied to a photodetector 6. Two pieces of the laser beams to this photodetector 6 have antiphases in the non- recording parts of the optical recording medium 5 and the output is not generated but the antiphases are eliminated and the output is generated by a difference in refractive index, etc., in the recording parts.

**COPYRIGHT:** (C)1994,JPO



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平6-333259

(43) 公開日 平成6年(1994)12月2日

(51) Int.Cl.<sup>5</sup>

G 1 1 B 7/135  
7/14

識別記号

庁内整理番号  
Z 7247-5D  
7247-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 9 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号 特願平6-30184

(22) 出願日 平成6年(1994)2月28日

(31) 優先権主張番号 特願平5-68721

(32) 優先日 平5(1993)3月26日

(33) 優先権主張国 日本 (J P)

(71) 出願人 000005496

富士ゼロックス株式会社  
東京都港区赤坂三丁目3番5号

(72) 発明者 太田 猛史

神奈川県海老名市本郷2274番地富士ゼロックス株式会社内

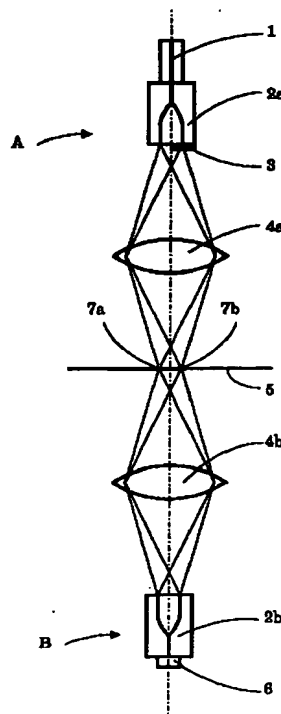
(74) 代理人 弁理士 小堀 益

(54) 【発明の名称】 光学的記録情報再生装置及び光多層記録媒体

(57) 【要約】

【目的】 光多層記録媒体の再生の際にアドレスしていない記録層の影響を受け難い光学的記録情報再生装置を提供すること。

【構成】 光源部Aからの180°の位相差を持った2本のレーザービームをレンズ4aで光記録媒体5に結像させ、光記録媒体5を通過した2本のレーザービームを光カプラー2bで合波して受光器6に供給する。光記録媒体5の無記録部分では受光器6への2本のレーザービームは逆位相となり出力は生じないが、記録部分では屈折率等の差により逆位相ではなくなり出力が発生する。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 光学的に再生可能な状態で情報が記録された光記録媒体と、該光記録媒体に対して相対的に移動して記録情報の再生を行う光ヘッドとを備えた光学的記録情報再生装置において、

前記光ヘッドは、2本のレーザービームを発生する光源部と、該光源部からの2本のレーザービームを前記光記録媒体に結像させる結像光学系と、前記光記録媒体を通過した、或いは、前記光記録媒体で反射した2本のレーザービームの差分を検出する手段とを備えたことを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項2】 請求項1において、前記光記録媒体は複数の記憶層を積層した多層記録媒体であることを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項3】 請求項1ないし2において、前記光源部はレーザービーム光源と光分岐手段と位相シフターを備え、前記差分検出手段は光合波手段と光検出手段とを備えた光学的差分検出手段であることを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項4】 請求項1ないし2において、前記光源部はレーザービーム光源と光分岐手段を備え、前記光学的差分検出手段は光合波手段と位相シフターと光検出手段とを備えたことを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項5】 請求項3において、前記光源部と前記光記録媒体との間に零点調整用光学的差分検出手段を備え、前記光分岐手段は外部制御によって分岐比が可変であり、前記零点調整用光学的差分検出手段の出力によって前記光分岐手段の分岐比を制御することを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項6】 請求項3において、前記光源部と前記光記録媒体との間に零点調整用光学的差分検出手段を備え、前記位相シフターは外部制御によって位相シフト量が可変であり、前記零点調整用光学的差分検出手段の出力によって前記位相シフターの位相シフト量を制御することを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項7】 請求項1ないし2において、前記光分岐手段はレーザービームを偏光面が略直交するふたつのレーザービームに分岐する光分岐手段であることを特徴とする光学的記録情報再生装置。

【請求項8】 基板上に情報を記録した屈折率分布による位相変化によって情報を記録した記録層と透明なスペーサーを交互に積層した多層の光記録媒体において、前記記録層における位相変化は $180^\circ$ より小さいことを特徴とする光記録媒体。

【請求項9】 基板上に記録層と透明なスペーサーを交互に積層した多層の光記録媒体において、前記記録層は光の強度によって物性値が非線形的に変化する材料を備えたことを特徴とする光多層記録媒体。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、光ディスク、光カード等の光学的に再生可能な状態で情報が記録された光記録媒体から記録内容の再生を行う光学的記録情報再生装置に関し、特に多層記録された記録媒体から記録内容の再生を行う光学的記録情報再生装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】たとえば、光ディスク等の一般の光学的記録媒体においては、2次元平面内で情報の記録が行われているが、記録容量を増加させるために3次元的に情報を記録することが提案されている。たとえば、橋本、川田、河田：「共焦点型3次元フォトリフラクティブ光メモリ」、光学連合シンポジウム京都 '92, Ba03(1992)では、光照射により屈折率の変化するフォトリポマーに3次元的に情報を記録した例が提案されている。

【0003】図23は、3次元的に情報が記録された光多層記録媒体から情報を読み出すための従来の再生装置の概略図である。光多層記録媒体94は、バルク状のフォトリポマーに3次元的に情報を記録したものである。記録ピット95a, 95bは、周辺のポリマーとは屈折率が異なるため、記録ピット95a, 95bと周辺のポリマーとの界面で反射光が生じる。図23に示す再生装置においては、この反射光を共焦点型の走査型光学顕微鏡によって読み取っている。レーザー光源91からのレーザー光は、ハーフミラー92、レンズ93を経て記録ピット95aに結像する。記録ピット95aの位置で反射されたレーザー光は、レンズ93、ハーフミラー92、アパーチャー96を経て受光器97に至る。ここで記録ピット95aとアパーチャー96とは光学的に共役関係にある。記録ピット95aより上方にある記録ピット95bからの反射光は、アパーチャー96では結像しないので、ある程度は記録情報を深さ方向に分離することができる。なお、光多層記録媒体94は、3次元ステージ98により3次元方向に移動可能となっている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、図23に示した従来例では、記録ピットと周辺のポリマーと屈折率差によって反射を生じさせているので、下層の記録層をアドレスする際にプローブ光が減衰してしまうことは避けられない。このため深さ方向に関して十分なS/N比を得ることができないという問題があった。

【0005】そこで、本発明の目的は、光多層記録媒体の再生の際にアドレスしていない記録層の影響、すなわち、記録層間クロストークの影響を受け難い光学的記録情報再生装置及び光多層記録媒体を提供することである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】前記課題を解決するために本出願の第1発明は、光学的に再生可能な状態で情報が記録された光記録媒体と、該光記録媒体に対して相対

的に移動して記録情報の再生を行う光ヘッドとを備えた光学的記録情報再生装置において、前記光ヘッドは、2本のレーザービームを発生する光源部と、該光源部からの2本のレーザービームを前記光記録媒体に結像させる結像光学系と、前記光記録媒体を通過した、或いは、前記光記録媒体で反射した2本のレーザービームの差分を検出する手段とを備えたことを特徴とする。

【0007】また、本出願の第2発明の光学的記録情報再生装置は、さらに光記録媒体が複数の記録層を積層した多層記録媒体であることを特徴とする。

【0008】また、本出願の第3発明の光学的記録情報再生装置は、前記差分検出手段が光合波手段と光検出手段とを備えた光学的差分検出手段であることを特徴とする。

【0009】また、本出願の第4発明の光学的記録情報再生装置は、前記光源部はレーザービーム光源と光分岐手段を備え、前記光学的差分検出手段は光合波手段と位相シフターと光検出手段とを備えたことを特徴とする。

【0010】また、本出願の第5発明の光学的記録情報再生装置は、本出願の第3発明の構成に加えて、前記光源部と前記光記録媒体との間に零点調整用光学的差分検出手段を備え、前記光分岐手段は外部制御によって分岐比が可変であり、該零点調整用光学的差分検出手段の出力によって前記光分岐手段の分岐比を制御することを特徴とする。

【0011】また、本出願の第6発明の光学的記録情報再生装置は、本出願の第3発明の構成に加えて、前記光源部と前記光記録媒体との間に零点調整用光学的差分検出手段を備え、前記位相シフターは外部制御によって位相シフト量が可変であり、該零点調整用光学的差分検出手段の出力によって前記位相シフターの位相シフト量を制御することを特徴とする。

【0012】また、本出願の第7発明の光学的記録情報再生装置は、本出願の第1ないし第2発明の構成に加えて、前記光分岐手段はレーザービームを偏光面が略直交するふたつのレーザービームに分岐する光分岐手段であることを特徴とする。レーザービームを偏光面が略直交するふたつのレーザービームに分岐する光分岐手段とは、具体的には複屈折を利用したウォラストンプリズムあるいは回折格子等である。

【0013】また、本出願の第8発明の光多層記録媒体は、基板上に情報を記録した屈折率分布による位相変化によって情報を記録した記録層と透明なスペーサーを交互に積層した多層の光記録媒体において、前記記録層における位相変化は $180^\circ$ より小さいことを特徴とする。

【0014】また、本出願の第9発明の光多層記録媒体は、前記記録層が光の強度によって物性値が非線形的に変化する材料を備えたことを特徴とする。ここで物性値とは具体的には屈折率や吸収係数などである。いわゆる

非線形光学材料は、光の強度によって屈折率が可逆的に変化する。記録部と非記録部とで、この非線形光学定数を変えることによって情報を記録する。あるいは、2光子吸収を示す材料を用いて情報を記録する。2光子吸収を示す材料は吸収係数が光の強度によって変化する。

【0015】

【作用】本出願の第1発明の構成によれば、2本のレーザービームを光記録媒体上に近接して結像して得られた光信号の差分を検出することにより、振幅、偏光状態、屈折率のいずれの形態において記録された情報も再生することができる。

【0016】本出願の第2発明の構成によれば、光多層記録媒体の目的の記録層以外の記録層の影響をキャンセルすることができる。

【0017】本出願の第3発明の構成によれば、2本のレーザービームに位相差を与えてから光記録媒体上に近接して結像させることにより、光学的な差分検出を行うことができる。

【0018】本出願の第4発明の構成によれば、光記録媒体を透過させた2本のレーザービームに位相差を与えてから受光器に導くことができる。

【0019】本出願の第5発明の構成によれば、2本のレーザービームの振幅を自動的に調整できる。

【0020】本出願の第6発明の構成によれば、2本のレーザービームの位相差を自動的に調整できる。

【0021】本出願の第7発明の構成によれば、位相シフト型の超解像光源を用いて光多層記録媒体の情報再生を行うことができる。

【0022】本出願の第8発明の光多層記録媒体によれば、アドレスしていない記録層によってプローブ光強度が減少或いは消失することを防ぐことができる。

【0023】本出願の第9発明の光多層記録媒体によれば、層間クロストークを低減することができる。アドレスしている記録層に比べてアドレスしていない記録層では光の強度すなわち密度が低くなるので物性値変化量が低減し、アドレスしていない記録層からのプローブ光（書き込み光）への影響が低下するからである。

【0024】

【実施例】

〔第1実施例〕図1に本発明の光学的記録情報再生装置の第1実施例を示す。図において、1は半導体レーザー、2a、2bは導波路型光カプラー、3は位相シフター、4a、4bはレンズ、5は多層記録媒体、6は受光器である。

【0025】半導体レーザー1からのレーザービームは、光カプラー2aによってふたつに分けられ、第1のレーザービームはそのまま、第2のレーザービームは位相シフター3を通過して出射する。位相シフター3は、第2のレーザービームの位相を $180^\circ$ シフトさせる。出射した2本のレーザービームは、レンズ4aによって

10

20

30

40

50

多層記録媒体5の特定記録層に、第1のレーザービームが結像スポット7b、第2のレーザービームが結像スポット7aとしてそれぞれ結像される。これらの第1、第2のレーザービームは、記録情報を読み出すためのプローブ光として機能する。次に、透過した2本のレーザービームは、レンズ4bによって光カプラー2bに入射し合波されて受光器6に導かれる。

【0026】前記半導体レーザー1、光カプラー2a、位相シフター3等が光源部Aを構成し、光カプラー2b、受光器6等が光学的差分検出手段Bを構成する。

【0027】2本のプローブ光に180°の位相差を与える光源部Aの構造としては、たとえば、特開平4-49535公報に記載されているようなウォラストンプリズムと偏光子を使う構造、あるいは回折格子を用いる構造等を適用してもよい。また、逆位相で結合した位相同期レーザーを光源として用いる方法も考えられる。

【0028】また、光学的差分検出手段Bとしては、図2に示すように、多層記録媒体5を透過した2本のレーザービームを、レンズ4bによって略平行光として受光器6'に照射して、受光器6'の入射面上で2本のレーザービームを重ね合わせるようにしてもよい。

【0029】このとき、略平行光である2本のレーザービームの光軸同士が交差する位置に受光器6'の入射面を配置する場合には、レーザービームの重ね合わせが最も良好となる。

【0030】なお、この場合は、干渉縞が発生するので、受光器6'の入射面は0次回折光位置（ふたつのビームが打ち消し合う位置）に配置すると良い。

【0031】図2の構成で、逆位相で結合した位相同期半導体レーザを採用しても良く、個の場合には、光学系の構成が簡単になるという利点がある。位相同期半導体レーザは、例えば、ストライプ幅1~5μmのふたつのゲインガイド型半導体レーザを光軸間隔5~20μm程度で並べたものである。この場合、光学的結合条件を適当に設計することにより、ふたつの半導体レーザが逆位相で発振することが知られている。

【0032】図1に示される光学的記録情報再生装置は、記録媒体の透過率差、屈折率差、偏光面の差を検出することができる。

【0033】まず、記録媒体が、透過率変化で情報を記録している場合を考える。この場合、は図3(a)に示すように、第1のプローブ光の結像スポット7b通過後の電界ベクトル15に対して、第2のプローブ光の結像スポット7a通過後の電界ベクトルは、結像スポット7a、7bにおける透過率が等しい時は電界ベクトル16となり、等しくない時は電界ベクトル17となる。電界ベクトル15と電界ベクトル16は打ち消し合い、電界ベクトル15と電界ベクトル17との合成ベクトルは電界ベクトル18となる。この電界ベクトル18が受光器6によって検出される。

【0034】次に、記録媒体が、屈折率変化で情報を記録している場合を考える。この場合は屈折率の差によりプローブ光に位相差が生じるので、図3(b)に示すように、第1のプローブ光の電界ベクトル15に対して、第2のプローブ光の電界ベクトルは、結像スポット7a、7bにおける屈折率が等しい時は電界ベクトル16となり、等しくない時は電界ベクトル17となる。電界ベクトル15と電界ベクトル16は打ち消し合い、電界ベクトル15と電界ベクトル17との合成ベクトルは電界ベクトル18となる。この電界ベクトル18が受光器6によって検出される。

【0035】次に、記録媒体が、光磁気ディスク等のように偏光を利用して情報を記録している場合を考える。結像スポット7a、7bに入射する前の2本のプローブ光は共にY偏光しているとすると、図4に示すように、結像スポット入射前の第1のプローブ光は電界ベクトル13、同第2のプローブ光は電界ベクトル14である。結像スポット7a、7bにおける旋光能が等しければ

（光磁気ディスクの場合なら、磁化方向が同じ時に相当）、第1のプローブ光は電界ベクトル15、同第2のプローブ光は電界ベクトル16となる。したがって、電界ベクトル16と電界ベクトル15の合成ベクトルはゼロとなる。結像スポット7a、7bにおける旋光能が異なる場合には、第2のプローブ光は電界ベクトル17となる。すなわち偏光方向の差が図3の場合と同様にして検出される。

【0036】また、この光学的記録情報再生装置は、他の記録層の記録内容が2本のレーザービーム（プローブ光）に与える影響をキャンセルすることができる。以下、その理由について説明する。

【0037】図5(a)において、22aはアドレスしている記録層、22bはその上層の記録層である。同図(c)にはアドレスしている記録層22a上の2本のプローブ光、同図(b)にはその上層の記録層22bの2本のプローブ光を示している。記録層22a上では、同図(c)に示すように、2本のプローブ光は、狭い領域にそれぞれ収束し、かつ分離しているが、記録層22b上では、同図(b)に示すように、2本のプローブ光は大きく拡がっており、しかも、かなりの部分が重なっている。この重なっている部分の記録内容、すなわち、透過率分布、屈折率分布あるいは旋光能分布が、2本のプローブ光に与える影響はほぼ等しいので互いに打ち消しあってほとんど検出されないことになる。

【0038】図5(b)において、41と42として示されるプローブ光の差分が、記録層22bの記録内容によって影響を受けてノイズとなる。この関係を図6に示す。図6(a)は、図5(b)に相当し、図6(b)は記録層22b上のプローブ光の差分41と42の像の概略の平面図を示す。第1の差分41の領域における記録内容と差分強度との積の積分値と、第2の差分42の領

域における記録内容と差分強度との積の積分値との差がノイズとなる。なお、記録内容とは、物理的には前述のように透過率分布、屈折率分布あるいは旋光能分布を意味する。このノイズは、以下に説明するふたつの効果によって、レーザービーム（プローブ光）間隔が狭い程（記録層間隔が広い程）小さくなる。

【0039】ひとつは、差分41ないし42のエネルギーの元のプローブ光のエネルギーに対する割合が減少す\*

$$A(x, y) = I_0 \exp(-x^2/r - y^2/r) \dots (1)$$

ただし、 $r$ はガウスビームの半径（振幅が中心の $1/e$ となる半径）、 $I_0$ はガウスビームの中心における振幅である。図5ないし図6に示したプローブ光の差分41※

$$\Delta P = \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} \{A(x, y) - A(x-s, y)\}^2 dx dy \dots (2)$$

ただし、 $s$ は2本のプローブ光の中心間隔である。この $\Delta P$ と元の2本のプローブ光のパワー（電力）の和 $P$ との比 $\alpha = \Delta P / P$ が中心間隔 $s$ によってどのように変化するかを数値計算した結果を図7にグラフとして示す。なお、 $\alpha$ はプローブ光を1本しか使わない従来方式に対して、本発明の光学的記録情報再生装置では上層の記録内容が原因となるノイズをおおよそどれだけ抑圧できるかを表すノイズ抑圧比でもある。図7の横軸は $s/r$ 、縦軸は $\alpha = \Delta P / P$ である。 $s/r$ が十分小さい領域では次式で近似できることが計算された。

【0043】

$$\alpha = \Delta P / P = 0.5 (s/r)^2 \dots (3)$$

$\Delta P$ は、理論上あり得るノイズの最大値である。すなわち、差分41側は全て記録ビットで埋まり、差分42側には全く記録ビットがないというような極端な場合は、 $\Delta P$ がそのままノイズとなる。平均的なノイズ発生量を見積もるために、記録ビットの生起確率が0.5（すなわち“1”と“0”が半々で生起する場合）として統計的検討を以下に述べる。

$$W = \sum_{x=0}^n \sum_{y=0}^n \omega_{xy}$$

$$= \sum_{x=0}^n \sum_{y=0}^n {}_nC_x 0.5^x \cdot 0.5^{(n-x)} {}_nC_y 0.5^y \cdot 0.5^{(n-y)}$$

$$\cdot |x/n - y/n| \cdot \Delta p$$

$$= \beta \Delta P \dots (5)$$

式(5)に示した $\beta$ は $\Delta P$ に対する $W$ の比であり、これは $\Delta P$ から統計的ゆらぎによってノイズ電力が発生する割合を示している。この $\beta = W / \Delta P$ について数値計算した結果をグラフとして図8に示す。横軸は入り得る最大の記録ビット数 $N$ （対数表示）、縦軸は $\beta$ （対数表示）である。このグラフからわかるように $\log \beta$ は1

※る効果である。もうひとつは、差分41ないし42の領域が広い程、記録内容の積分値が統計平均に近づいて行く効果である。つまり、差分の領域が広い程、積分値の統計的ゆらぎが減少してノイズが減少する。

【0040】前者の効果について定量的取扱いを以下に述べる。プローブ光の振幅（ガウス分布）は次式で与えられることが知られている。

【0041】

※と42のパワー（電力）の和 $\Delta P$ は次式で表される。

【0042】

【数1】

★【0044】差分41に最大で $N$ 個の記録ビットが入り得ると仮定する。差分41と差分42は対称であるから、差分42にも最大で $N$ 個の記録ビットが入り得ることになる。差分41に $x$ 個（ $x \leq N$ ）の記録ビットが入る場合の生起確率は、いわゆる2項分布に従うので、 ${}_nC_x p^x p^{(n-x)} = {}_nC_x 0.5^x 0.5^{(n-x)}$ となる。但し、 $p$ は記録ビットの生起確率で、ここでは $p = 0.5$ である。同様に差分42に $y$ 個（ $y \leq N$ ）の記録ビットが入る場合の生起確率は、 ${}_nC_y 0.5^y 0.5^{(n-y)}$ である。差分41に $x$ 個、差分42に $y$ 個の記録ビットが入る場合の差分41と差分42のパワー（電力）の差 $\omega_{xy}$ は、次式で表されると仮定する。但し、この仮定はガウス分布の影響を無視した近似である。

【0045】

$$\omega_{xy} = |x/n - y/n| \Delta P \dots (4)$$

したがって、差分41と差分42のパワー（電力）差の期待値 $W$ は次式で表される。

【0046】

【数2】

$\log N$ に対してほぼ線形である。

【0047】以上、アドレスしている記録層の直上の記録層の影響を考えてきたが、さらにその上にある記録層及びアドレスしている記録層の下方の記録層の影響も計算に加える必要がある。式(3)が成り立つ領域を仮定すると、上方の他の記録層の影響の最大値を見積もるこ

とができる。一定間隔で記録層が設けられているとすると、アドレスしている記録層の2段上の記録層では、直上の記録層の2倍の半径のプローブ光となりプローブ光間隔は変わらないことになる。ここで各記録層において発生するノイズを直上の記録層から上に順に $W_1$ 、

\*  $W_2$ 、 $W_3$ 、…、 $W_i$ 、…とする。アドレスしている記録層に対して $i$ 番目の上の記録層のプローブ光の差分のエネルギー $\Delta E_i$ は次式で与えられる。

【0048】

$$W_i = W_1 (1/i)^2 = W (1/i)^2 \dots (6)$$

各記録層が原因となって発生する差分のパワー（電力）は互いに相関がないので、ノイズ電力の加算と同様の扱いとなる。すなわち、各 $\Delta E_i$ の自乗和の平方根 $\delta$ が※

※正味で効いてくることになる。

【0049】

$$\delta = \{2 \times (W_1^2 + W_2^2 + W_3^2 + \dots + W_i^2 + \dots)\}^{1/2}$$

として各層の影響の和を計算すると次式が求まる。

★【数3】

【0050】

★

$$\begin{aligned} \delta &= \left\{ 2 \sum_{i=1}^n (W_i)^2 \right\}^{1/2} = \left\{ 2 \sum_{i=1}^n W_1 (1/i)^2 \right\}^{1/2} \\ &\leq \left\{ 2 W_1 \sum_{i=1}^{\infty} (1/i)^4 \right\}^{1/2} = W_1 \cdot \{(\pi^4/45)\}^{1/2} \\ &\approx 1.47 \alpha \beta P \dots (7) \end{aligned}$$

以上から、アドレスしている記録層以外の記録層が原因となって生じるノイズについての信号対雑音比（S/N比）の最悪値（S/N）<sub>min</sub>は次式で与えられる。

【0051】

$$(S/N)_{\min} = P/\delta = P/(1.47 \alpha \beta P) = 1/(1.47 \alpha \beta) \dots (8)$$

以下、光学的記録情報再生装置の幾つかの具体的な設計例について述べる。

【0052】（設計例-1）具体的な設計数値として、結像光学系の開口数NA=0.5（Fナンバー1.0に相当）、結像スポット径 $d=1.0 \mu m$ 、結像スポット（プローブ光）間隔 $s=3 \mu m$ 、記録層の間隔 $L=20 \mu m$ とする。直上の記録層22b上では2本のプローブ光はそれぞれ直径約 $20 \mu m$ （半径 $r=10 \mu m$ ）に拡がっているが、中心間隔は結像スポット間隔 $s=3 \mu m$ のままなので $s/r=3/10=0.3$ となる。よって、図7のグラフあるいは式（3）より $\alpha \approx 0.045$ である。これは、プローブ光を1本しか使わない従来方式に対して、プローブ光を2本使用する本発明においては、上層の記録内容が原因となるノイズをおおよそ0.045倍に抑圧できることを意味する。また、直上の記録層22b上で差分41ないし42には最大で約200個程度の記録ビットが含まれ得る。なお、ここでは直径 $20 \mu m$ のスポットには直径 $1 \mu m$ のスポットが400個含まれると考え、差分41ないし42にはその半分が含まれるとする。 $N=200$ より図8のグラフから $\beta=0.04$ （-14dB）と求まる。したがって式（8）より（S/N）<sub>min</sub>=27.4dBと計算される。ちなみに、プローブ光を1本しか使わない従来方式では、（S/N）<sub>min</sub>が約14dBしか得られないことにな

る。

【0053】開口数NA、記録層の間隔を大きくする程、また、結像スポット間隔 $p$ を小さくするほど、レーザービーム（プローブ光）重なり部分と重なっていない部分との面積比を大きくすることができる。開口数NAは極端に大きくはできないが、記録層の間隔はある程度は大きくすることができる。結像スポット間隔は光カプラー2aを用いる場合は結像スポット径の3倍程度が実用上の下限である。しかし、後述の第4実施例に述べるようなウォラストンプリズムを用いる方法によれば、結像スポット間隔を結像スポット径と同じか1/2くらいまで近接させることもできる。

【0054】（設計例-2）結像スポット（プローブ光）間隔 $s=1 \mu m$ 、記録層の間隔 $L=5 \mu m$ とし、他の設計パラメータは設計例-1と同じとして計算する。 $s/r=1/5=0.2$ なので、図7のグラフあるいは式（3）より $\alpha \approx 0.02$ である。また、 $N \approx 10$ となるので、図8のグラフより $\beta=0.18$ （-7.5dB）である。なお、直径 $5 \mu m$ のスポットには直径 $1 \mu m$ のスポットが25個含まれると考える。したがって、式（8）より（S/N）<sub>min</sub>=22.8dBと計算される。ちなみに、プローブ光を1本しか使わない従来方式では上記よりS/N比が約13dB低くなり、（S/N）<sub>min</sub>が約9dBしか得られないことになる。

【0055】ビットエラーレート $10^{-10}$ を実現するにはS/N比は20dB程度あれば良いので、プローブ光間隔 $s=1 \mu m$ の時は記録層の間隔を $5 \mu m$ 程度まで近接させることができることになる。

【0056】なお、記録層間隔を $5 \mu m$ よりさらに小さくし、かつ、図1の構成で再生された電気信号に公知の

ビタビ (V i t e r b i) 復号法などの誤り訂正技術を適用しても良い。記録層間隔を小さくするとノイズが増えて誤り率が増加するが、誤り訂正技術によって必要な誤り率を得ることができる。ビタビ復号法は、符号化利得、すなわち、誤り率の改善をS/N比の改善に換算したものが6〜8 dBあるので、記録層間隔を2  $\mu$ m程度にしても十分小さな誤り率が得られることが見込まれる。

【0057】また、上記のような同相ノイズの除去はふたつのレーザービーム (プローブ光) の振幅、位相が僅かに異なる状態を前提としている。言い換えるなら、記録層の変調が浅いことが必要である。例えば、100%に振幅変調がかかっているような記録ピットにレーザービーム (プローブ光) が焦点を結ぶと、そのレーザービーム (プローブ光) が検出されなくなり、同相ノイズの除去ができなくなってしまう。振幅のみならず、位相が $\pi$  (180°) 変化するような深い位相変調がかかっている場合も同様のことが起こり得る。後述するように、アドレスしていない記録層の記録ピットの半数が位相変化 $\pi$ の記録ピット、半数が位相変化0の記録ピットだとすると、プローブ光が消失してしまう場合があり得るからである。

【0058】結像スポット7a、7bの記録トラックに対する配置例を図9に示す。図9 (a) は結像スポット7a、7bを同一記録トラック40に近接させて配置する例である。同図 (b) は結像スポット7aを記録トラック40に配置し、結像スポット7bを記録トラック40ではない部分に配置する例である。記録トラック間は物理的には同じ状態が続くことになるので、この部分を基準にして記録内容を検出することができる。また、以下に説明するように、記録情報の符号化方法を工夫すれば、結像スポット7a、7bを同一記録トラック40のやや離れた位置に配置することもできる (同図 (c) 参照)。

【0059】図9 (c) のように結像スポット7a、7bを配置した場合は、図10に示すように、直列データの自己相関が検出されることになるので、図11に示すように符号化すれば良い。すなわち、一定のプリアンブルに対してソースデータ列からエンコードした符号をプリアンブルに続ければ良い。

【0060】〔第2実施例〕図12に本発明の第2実施例を示す。なお、第1実施例と対応する部材には同一符号を付している。他の実施例においても同様である。第1実施例との主な相違点は、疑似反射型の配置を採用したこと、位相シフター3を受光側に設けたこと、受光側の光合波手段を導波路型の光カプラー2bから集合マイクロレンズ型合波器8に代えたこと、超解像を得るための光学的ストップ50を設けたことの4点である。

【0061】疑似反射型とは、光学系の配置は反射型と同様であるが、記録層の読みとりは透過型で行うことか

らこのように呼んでいる。レーザービームは、図12の点27aで焦点を結んで記録層22cを透過後、反射層23によって反射されてからハーフミラー11を経て受光側へと向かう。受光側から見た場合、記録ピットは点28aの位置にあるのと等価である。受光側に照射されたふたつのレーザービームは、位相シフター3によって位相差が付与されてから、集合マイクロレンズ型合波器8によって合波されて受光器6に導かれる。この構成によっても第1実施例と同様の結果を得ることができる。第2実施例の光学的記録情報再生装置においては、記録媒体の片面から記録情報を読み取ることができるので、記録媒体の両面に光学系を設ける必要がある透過型の光ヘッドより光ヘッドの構成が簡単となる。また、集合マイクロレンズ型合波器8を用いる方が光の集光効率が高いという利点もある。

【0062】光学的ストップ50はレーザービームの中央部を遮る。こうすることによって、記録層におけるレーザービームの結像スポット径を小さくすることができる。また、アパーチャ51は超解像によって生じるサイドローブを除去するためのものである。なお、レーザービームの中央部を光学的ストップで遮って結像スポット径を小さくする超解像の技術自体は公知である (たとえば、栖原、西原、「光ピックアップヘッドにおける超分解能の可能性」、光学第21巻、第7号、pp442〜450 (1992) 参照)。

【0063】第2実施例では、記録層22cからの透過光を反射層23で反射させて検出しているので、記録層22cでの反射光はノイズとなる。しかしながら、記録層22cでの反射光は受光器6の手前で焦点を結び、反射光が焦点を結ぶ位置27bと透過光が焦点を結ぶ位置28bとはずれている。このため、アパーチャ51によって反射光の影響を低減させることができる。

【0064】〔第3実施例〕図13に本発明の第3実施例を示す。本発明ではふたつのレーザービームの位相差や振幅の差を検出するので、これらが正確に制御されていることが重要である。このことから、この第3実施例ではレーザービームの位相差及び振幅を自動的に制御する機構が付加されている。

【0065】第3実施例では、第1実施例の半導体レーザー1と光カプラー2aに代えて光集積回路9を用いている。この光集積回路9は、DFB (distributed feedback: 分布帰還) 型の半導体レーザー9aと半導体光導波路9b、光増幅器9c、可変位相シフター9dを集積したものである。また、零点調整用光学的差分検出器19が新たに設けられている。光集積回路9からの2本のレーザービームは、零点調整用光学的差分検出器19に供給され、記録媒体5を通過する前の2本のレーザービームの振幅差、位相差が検出される。

【0066】零点調整用光学的差分検出器19は、ハーフミラー11、レンズ4e、導波路型光カプラー2c、



受光器 6 b とから成り立っている。基本的には信号再生用の光学的差分検出器と同じ構成である。光集積回路 9 からの 2 本のレーザービームは、ハーフミラー 1 1 により記録媒体 5 の手前で分けられてから、導波路型光カプラー 2 c によって合波されて受光器 6 b に導かれる。もしも、2 本のレーザービームの振幅が等しく位相差が正確に  $180^\circ$  であれば受光器 6 b の出力はゼロとなる。受光器 6 b の出力がゼロでない場合は振幅もしくは位相差がずれていることになるので、受光器 6 b からの信号によって制御装置 1 0 が光増幅器 9 c と可変位相シフター 9 d に加える電流を変えて、レーザービームの位相差及び振幅を制御する。これによって、2 本のレーザービームの位相差を正確に  $180^\circ$  シフトさせ、かつ、振幅を等しく保つことが可能となる。

【0067】受光器 6 b の出力はひとつだけで振幅比と位相差の双方を制御しなくてはならないので、制御方法には工夫が必要である。例えば、時分割的に制御する方法がある。ある一定時間は振幅の制御のみを行い、受光器 6 b の出力が最低になるように光増幅器 9 c の駆動電流を制御する。次に、今度は一定時間、位相差の制御のみを行い、受光器 6 b の出力が最低になるように可変位相シフター 9 d の駆動電流を制御する。この場合、光増幅器 9 c の駆動電流を制御している間は可変位相シフター 9 d の駆動電流は保持しておき、反対に、可変位相シフター 9 d の駆動電流を制御している間は光増幅器 9 c の駆動電流を保持しておく。振幅差の制御と位相差の制御を交互に行うことにより零点調整を自動的に行う。

【0068】また、図 1 3 の構成において、光集積回路 9 に代えて逆位相で結合した位相同期半導体レーザを用いることもできる。この場合には、受光器 6 b の出力によって逆相で結合したふたつの半導体レーザへの注入電流を制御することによって、ふたつのレーザービームの振幅のバランスを取る。この場合は、振幅制御のみで位相制御は行えないが、光集積回路 9 に比べて位相同期半導体レーザの方が製作が容易であるという利点がある。

【0069】〔第 4 実施例〕図 1 4 に本発明の第 4 実施例を示す。この第 4 実施例は、位相シフト型超解像を併用した実施例である。レーザー光源 1 からのレーザービームは、マイクロコリメーターレンズ 1 2 によって平行光に変換され、位相シフター 3 b によって中心部の位相が周辺部と  $180^\circ$  ずらされる。レンズ 4 c、ウォラストンプリズム 3 3 a、レンズ 4 d を用いて記録媒体 5 上にふたつのスポット 7 a、7 b を結像する。ただし、この場合、このふたつのレーザービームは偏光面が直交しているので、記録媒体 5 上では干渉しない。レンズ 4 e、ウォラストンプリズム 3 3 b、偏光子 3 5、レンズ 4 f によってふたつのレーザービームは合波された後、アパーチャ 5 1 を経て受光器 6 に入射する。また、図 1 4 には光学系の各部でのレーザービームの偏光状態も併せて示した。

【0070】レーザー光源 1 からのレーザービーム 6 1 は直線偏光していて、レーザービームの偏光面がウォラストンプリズム 3 3 a の光学軸に対して  $45^\circ$  の角度をなすように光学的に配置されている。ウォラストンプリズム 3 3 a に入射したレーザービーム 6 1 は、ウォラストンプリズム 3 3 a によってふたつの偏光面が直交したレーザービーム 6 2 a、6 2 b に分割される。この時、レーザービーム 6 2 a、6 2 b は僅かに角度の異なる平行ビームとしてウォラストンプリズム 3 3 a から出射する。レンズ 4 d によって、このふたつのレーザービーム 6 2 a、6 2 b は、記録媒体 5 上にレーザービーム 7 a、7 b として結像する。記録媒体 5 を通過したふたつのレーザービームは、レンズ 4 e を経てウォラストンプリズム 3 3 b に入射して、ひとつの平行ビームに合波される。しかし、偏光状態については直交するふたつの偏光面に成分を有する円偏光となっている。偏光子 3 5 を通過したレーザービーム 6 2 a、6 2 b は、偏光子 3 5 の偏光方向 6 4 に正射影され、それぞれレーザービーム 6 3 a、6 3 b となる。レーザービーム 6 3 a と 6 3 b とは同一偏光面で位相が反対になっている。

【0071】先に説明した第 2 実施例に示したような通常の超解像では、レーザービームの中心部を光学的ストップによって遮ることによって光量損失が生じる。これに対して本出願人によって出願された特願平 4-112906 号明細書に記載されている位相シフト型超解像ではこのような光量損失は発生しない。この位相シフト型超解像は、レーザービーム（ガウスビーム）の中心部と周辺部の位相を  $180^\circ$  ずらすことにより、主ピークのスポット径を減少させるものである。位相シフト型超解像の原理を図 1 5 を参照して説明する。図 1 5 (a) において、レーザー光源 L S からのレーザー光はコリメーターレンズ L 2 によって平行光に変換され、位相シフター P S によって中心部の位相が周辺部と  $180^\circ$  ずらされる。主結像レンズ L<sub>1</sub> に対して、位相シフター P S のある平面 A-A' と結像面 B-B' が光学的共役となっている。このような光学系では、平面 A-A' における、レーザー光の振幅は図 1 5 (b) に示すようになり、これは、結像面 B-B' 上には図 1 5 (c) に示すような強度分布で結像する。

【0072】この位相シフト型超解像の原理を本発明に適用したのが第 4 実施例である。ところで、上記特願平 4-112906 号明細書に記載の構成では、主ピークの周辺に大きな位相の反転したサイドローブが生じる。このようなビームをふたつ近接して結像させると、ふたつのビーム間で複雑な干渉が生じてしまう。そこで、本実施例では、記録媒体面では、ふたつのレーザービームの偏光面を直交させて干渉を防ぎ、合波する際に偏光面を揃えるようにしている。なお、アパーチャ 5 1 は超解像によって生じるサイドローブを除去するためのものである。

【0073】なお本実施例では、ビームの分割、合波にウォラストンプリズムを用いたが、ビームディスプレーサを用いても同様の光学系を構成することもできる。ただし、ビームディスプレーサを用いる場合は、ビームディスプレーサをマイクロレンズ12及び受光器6に近接させて設ける必要がある。

【0074】以上、光多層記録媒体の記録内容を再生する装置を例に取って本発明を説明してきたが、本発明はバルク状のサンプルの透過率、屈折率、偏光状態の3次元的な分布を測定するための3次元情報読み取り装置として使用することもできる。例えば光学ガラスの3次元的な屈折率分布を測定するための装置等に適用することができる。さらに、光の代わりに超音波を用いて同様の「光学系」を組めば、超音波顕微鏡の改良を行うこともできる。

【0075】また、本発明に用いる光源は、半導体レーザーに限らず可干渉性のある光（レーザー光）を発生するもの全てが適用可能である。さらに、非線形光学効果を用いた波長変換素子を光源部に採用しても構わない。

【0076】なお、第3実施例及び第4実施例は透過型の構成であったが、同様の光学系を第2実施例において示したような疑似反射型光学系で構成しても良い。

【0077】以上の実施例は、光学的に差分をとる方法であったが、二つのプローブ光をそれぞれ別の受光器で電気信号に変換してから差分をとるようにしてもよい。この場合でも、記録層間のクロストークを防止することができる。

【0078】次に、上述した光学的記録情報再生装置によって読み取るのに適した光多層記録媒体の幾つかの構造例について説明する。

【0079】図16は、光多層記録媒体の第1構造例の断面図を示す。この光多層記録媒体は、反射面73を設けた基板71上に、情報を記録した記録層72a～72dと透明なスペーサー74を交互に積層した構成を有している。記録層72a～72dは、記録ピット75と記録ピットではない部分（非記録ピット部分）76を有している。第1構造例では、記録ピット5と非記録ピット部分6の屈折率が異なっている。

【0080】図17は、図16に示す構造を有する光多層記録媒体の製作方法の概略を示す図である。ガラスあるいはプラスチックの基板71にアルミニウム等の金属からなる反射膜73を蒸着ないしスパッタリングにより着膜する。次いで、透明スペーサー層74を着膜する。透明スペーサー層74は、エタノール可溶性ポリアミドをスピニング法で形成した。次に、透明スペーサー層74の上にアクリル酸メチルモノマーを添加したポリカーボネートフィルム77を、溶媒として塩化メチレンを用いてスピニング法で着膜した。このポリカーボネートフィルム77が未記録の記録層となる。図17(a)は、上記工程まで終了した状態の断面図で

ある。透明スペーサー層74の膜厚Lは、 $10\mu\text{m}$ 、記録層72の膜厚dは $0.5\mu\text{m}$ である。

【0081】アクリル酸メチルモノマーを添加したポリカーボネートは、紫外線照射により重合して屈折率が減少するので、図17(b)に示すように、マスク78aを使用して露光79でポリカーボネートフィルム77の露光を行うことにより、情報を屈折率変化として記録することができる。記録ピット75は屈折率が高く、記録層の他の部分、すなわち、非記録ピット部分76は屈折率が低いことになる。また、露光終了後にアクリル酸メチルモノマーを添加したポリカーボネートフィルム77から残存モノマーを除去して記録内容を定着する。

【0082】上記のようにして形成された記録層72aの上に再び透明スペーサー層74、未記録の記録層77を順次着膜し（図17(c)参照）、マスク78bを使用して露光、定着を行えば新たな記録層72bが形成される（図17(d)参照）。以下上記の工程を繰り返せば任意の層数の光多層記録媒体を形成することができる。

【0083】上記の製法においては、記録層72と透明スペーサー層74とが相溶性でないように樹脂を選択している。さもないと、上層の塗布時に下層が上層の塗布用材に溶けてしまうからである。なお、透明スペーサー層74に、紫外線硬化樹脂、熱硬化樹脂、物理的に堆積した無機誘電体薄膜等を用いてもこのような相溶性の問題は解決できる。さらに、上記の製法においてマスク露光ではなくレーザービームで走査露光しても良い。また、アクリル酸メチルモノマーを添加したポリカーボネートの着膜方法はスピニング法に限らずキャスト法一般が適用可能である。

【0084】上述した光多層記録媒体において、記録ピット75の屈折率を $n_1$ 、記録層72の非記録ピット部分76の屈折率を $n_2$ 、透明スペーサー層74の屈折率を $n_3$ としたとき、 $n_2$ と $n_3$ とを概略等しく構成すると、記録層72と透明スペーサー層74との界面における反射光を低減することができる（図18参照）。透明スペーサー層74の膜厚は $1\sim 100\mu\text{m}$ 、特に $2\sim 20\mu\text{m}$ 程度が適する。また、記録層2の膜厚dは $0.1\sim 2\mu\text{m}$ 程度が適し、特に記録層72内でのプローブ光波長の $1/2$ の整数倍になるような膜厚が好ましい。これは記録層72の膜厚がプローブ光波長の $1/2$ の整数倍であると、記録層に垂直入射するプローブ光81と、記録層内のプローブ光82を考えたとき、図18に示す記録層72の上層と透明スペーサー層74との界面における反射光83と、記録層72の下層と透明スペーサー層74との界面における反射光84の位相が反対になるので散乱光が減少するからである。ここでは、屈折率の高い媒質から低い媒質へ入射する際の反射光と、反対に屈折率の低い媒質から高い媒質へ入射する際の反射光とは位相が $180^\circ$ 反対になることを利用している。

【0085】記録ピット75と非記録ピット部分76との屈折率差が大きい方が信号の再生は容易になるが、この屈折率差が大きいと散乱光が増加するのみならず、再生光プローブの結像特性に影響を与えてしまう。したがって、屈折率差は再生信号のS/N比と収差特性のバランスを考えて決定する必要がある。

【0086】図19に光多層記録媒体の第2構造例の断面図を示す。第2構造例では、透明スペーサー層と記録層の非記録ピット部分が一体的に形成されており、記録ピット75の製法が、図16に示す第1構造例の場合と異なっている。図20は、図19に示される構造を有する光多層記録媒体の製作方法の概略を示す図である。ガラスあるいはプラスチックの基板71にアルミニウム等の金属からなる反射膜73を蒸着ないしスパッタリングにより着膜するところまでは第1構造例と同じである。次いで、透明スペーサー層74をスピコーティング法で着膜するが、この透明スペーサー層74は、紫外線硬化樹脂あるいは熱硬化樹脂であり、スピコート後、紫外線照射あるいは加熱によって硬化する。透明スペーサー層74の上に無機材料の誘電体薄膜80を蒸着した後（図20（a）参照）、フォトリソグラフィによって図20（b）のように記録ピット75を形成する。次に、再び透明スペーサー層74をスピコーティング法で着膜し（同図（c）参照）、無機材料の誘電体薄膜の蒸着、フォトリソグラフィを繰り返して多層構造を形成する（同図（d）参照）。この製法は、スピコート法の基板の多少の凹凸は平坦化してしまうという性質を利用している。なお、透明スペーサー層に紫外線硬化樹脂あるいは熱硬化樹脂を用いるのは、スピコート時に上層の透明スペーサー層塗布溶剤によって下層の透明スペーサー層が溶解しないようにするためである。

【0087】上述した光多層記録媒体の第1及び第2構造例において、記録ピット75用の誘電体薄膜としては、 $TiO_2$ 、 $ZnS$ 、 $ZrO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $MgF_2$ 等各種の無機誘電体を用いることができる。また、着膜方法は蒸着に限らず、スパッタリング、イオンプレーティング、CVD等の方法が適用できる。また、フォトリソグラフィの手法としては、リフトオフ法等も適用できる。また、記録ピット用の誘電体薄膜を光硬化性樹脂（ネガ型フォトレジスト等）や光分解性樹脂（ポジ型フォトレジスト等）を用いて形成することもできる。この場合、フォトリソグラフィが容易になる利点がある。

【0088】上記の第2構造例では、記録ピットの材料選択の幅が第1構造例に比べて広いので、屈折率変化を大きくとることができる。

【0089】上記の光多層記録媒体は、先に説明した図1等に示す光学的記録情報再生装置によって再生することができる。

【0090】上記の光学的記録情報再生装置によれば、先に説明したように、深さ方向に隣接する記録層の位相

情報の影響を受け難いという特徴がある。

【0091】ところで、先に説明した図3において、電界ベクトル16と電界ベクトル17のなす角 $\theta$ は、記録ピットによって与えられる位相変化、すなわち、変調の深さを表す。 $\theta$ は、記録層の屈折率差、記録層の厚み、及びプローブ光の波長によって決まる。記録ピットとその周囲の屈折率差が大きいほど、また、記録層の厚さが厚い程、そしてプローブ光の波長が短い程、位相変化は大きくなる。この $\theta$ は大きい方が再生される信号が大きくなるが、以下に述べる理由である値以下であることが望ましい。

【0092】例えば、図21に示すように、アドレスしていない記録層72bの記録ピット75bがプローブ光の半分に対して $\pi$ （180°）位相変化を生じさせる場合を考える。この場合、記録ピット75bの影響を受けた部分75'と影響を受けない部分76bは位相が反対になる。すなわち、プローブ光（レーザービーム）の半分が $\pi$ 位相変化してしまうので、焦点におけるプローブ光が打ち消し合って消失してしまう。図21のように記録ピットが極端に偏在するのは特殊な場合であるが、十分大きな面積のサークルを考えた場合、通常の符号化方法なら平均してその面積の約半分が記録ピットとなる。したがって、位相変化量が $\pi$ の記録ピットを採用するとプローブ光の消失はかなりの確率で生じ得ることになる。このようなプローブ光の消失は、個々の記録ピットの位相変化量が $\pi$ より大きい場合にも発生し得るので、記録ピットの位相変化量は、 $\pi$ より小さいことが望ましい。

【0093】さらに、図22に示すように、複数のアドレスしていない記録層72b、72cの影響が累積する効果を考慮に入れると、記録層数（ $m$ ）に対して、個々の記録ピットの位相変化量はそれぞれ、本発明の透過型の光多層記録媒体では $\pi/(m-1)$ 、本発明の反射型の光多層記録媒体では $\pi/(2m-1)$ より小さいことが望ましい。

【0094】また、前記第1構造例および第2構造例において、記録層を非線形光学定数の差で情報を記録することによって、記録層間のクロストークを減少させることができる。例えば図16において、記録層72a～72dの記録ピット75に非線形光学材料、非記録ピット部分76に線形光学材料（非線形光学定数 $=0$ ）を用いたような構成、あるいは、この反対の構成である。非線形光学材料は、照射されている光の強度（エネルギー密度）によって屈折率が変化する材料である。このため、ある記録層がアドレスされた場合はレーザービームが収束されるので光のエネルギー密度が上昇して大きな屈折率差が生じる。これに対して、この記録層の上下にあるアドレスされていない記録層ではレーザービームが拡散するのでエネルギー密度が小さくなり、小さな屈折率差しか生じない。したがって、記録層間のクロストークを減少



させることができる。なお、この場合、光の強度が十分小さい時に、記録部と非記録部の屈折率が略等しくなるようにしておくことが望ましい。非線形光学材料は、MNA（メチルニトロアニリン）やポリジアセチレンなどの有機材料が適するが、無機材料を用いることもできる。

【0095】同様に、記録層の記録部に2光子吸収を始めとする多光子吸収を生じる材料を用いても良い。例えば図16において、記録層72a～72dの記録ビット75を2光子吸収材料を用いて形成することができる。非記録ビット部分76には2光子吸収の小さな材料を用いる。2光子吸収による吸収係数は光強度の2乗に比例するので、上述の原理により、記録層間のクロストークを減少させることができる。2光子吸収材料としては希土類ドープガラスなどがある。

【0096】更に、これら非線形光学材料を用いた場合、高次高調波やアップコンバージョンによりプローブ光とは別の波長の光が発生する。これらの光の発生もプローブ光強度に対して非線形的である。したがって、これらのプローブ光とは別の波長の光を用いて読み取りを行うことにより、層間クロストークを減少させることもできる。

【0097】また、書き換え可能型や追記型の多層記録媒体の記録層に2光子吸収を生じる材料を用いると、書き込み時の記録間クロストークも除去できる。これは、アドレスされている記録層の個所でレーザービームの吸収が大きくなり、選択的な書き込みが可能となるからである。

【0098】これらの、非線形効果、すなわち、光強度に対する物性値の可逆変化を用いた多層記録媒体の再生には高デューティ比のパルス光を用いて再生することが好ましい。それは、物性値の変化量はプローブ光のピーク強度に対して決まるからである。

【0099】なお、本発明の光多層記録媒体の形状はディスク状、カード状、テープ状等いかなる形態であっても構わないことは言うまでもない。

#### 【0100】

【発明の効果】本発明によれば、光多層記録媒体の記録内容再生に際して、アドレスしていない記録層の記録内容が原因で発生するノイズを低減することができる。しかも、本発明は透過率変化、反射率変化、屈折率変化、偏光面の変化のいずれを用いた記録媒体についても適用可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の光学的記録情報再生装置の第1実施例の光学系の光軸を含む面で展開した図である。

【図2】 別の構成の光学的差分検出手段を使用した光学的記録情報再生装置の光学系の光軸を含む面で展開した図である。

【図3】 図1に示す光学的記録情報再生装置において

透過率変化及び屈折率変化が検出される原理を示すベクトル図である。

【図4】 図1に示す光学的記録情報再生装置において偏光状態変化が検出される原理を示すベクトル図である。

【図5】 アドレスされている記録層とその上層の記録層におけるレーザービームのエネルギー分布の関係を示す図である。

【図6】 アドレスされている記録層の上層の記録層におけるふたつのプローブ光の差分のエネルギー分布の関係を示す図である。

【図7】  $s/r$ （2本のプローブ光の中心間隔/ガウスビームの半径）に対する $\Delta P/P$ （差分パワーの和/元のパワーの和）のグラフである。

【図8】  $N$ （最大記録ビット数）に対する $\Delta W/\Delta P$ （パワー差の期待値/差分パワーの和）のグラフである。

【図9】 2つの結像スポットの配置例を示す平面図である。

【図10】 図7（c）に示す結像スポット配置の場合の復号化方法を示す概略図である。

【図11】 図7（c）に示す結像スポット配置の場合の符号化方法を示す概略図である。

【図12】 本発明の光学的記録情報再生装置の第2実施例の光学系の光軸を含む面で展開した図である。

【図13】 本発明の光学的記録情報再生装置の第3実施例の光学系の光軸を含む面で展開した図である。

【図14】 本発明の光学的記録情報再生装置の第4実施例の光学系の光軸を含む面で展開した図である。

【図15】 超解像法の原理を示す図である。

【図16】 光多層記録媒体の第1構造例を示す断面図である。

【図17】 光多層記録媒体の第1構造例の製造工程の概略を示す図である。

【図18】 記録層と透明スペーサーの間で生じる反射を示す模式図である。

【図19】 光多層記録媒体の第2構造例を示す断面図である。

【図20】 光多層記録媒体の第2構造例の製造工程の概略を示す図である。

【図21】 記録層によってプローブ光の位相が影響を受けることを示す概略図である。

【図22】 アドレスしていない複数の記録層がプローブ光の位相に累積して影響を与えることを示す概略図である。

【図23】 3次元的に情報が記録された光多層記録媒体から情報を読み出すための従来の再生装置の概略図である。

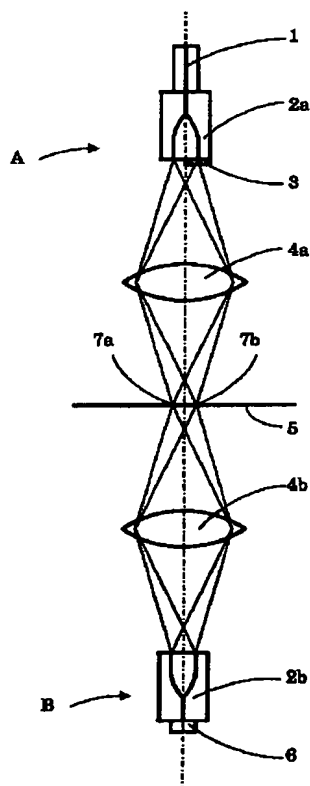
#### 【符号の説明】

1…半導体レーザー、2a、2b、2c…導波路型光力

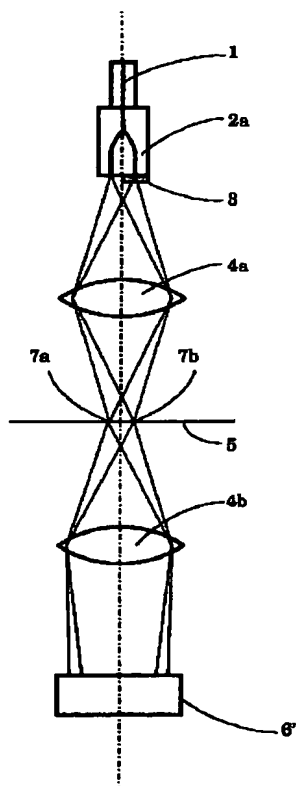
ブラー、3, 3a…位相シフター、3b…超解像用位相シフター、4a~4f…レンズ、5…記録媒体、6, 6b, 6'…受光器、7a, 7b…結像スポット、8…集合マイクロレンズ型光合波器、9…光集積回路、10…制御回路、11…ハーフミラー、12…マイクロコリメーターレンズ、13~18…電界ベクトル、19…零点調整用光学的差分検出器、22a~22c…記録層、23…反射層、25…記録ピット、27a…プローブ光照射位置、27b…共役点、28a…見かけの照射位置、33a, 33b…ウォラストンプリズム、35…偏光子、40…記録トラック、41…第1の差分、42…第2の差分、43a~43b…各結像スポットの記録層22b上の中心、50…光学的ストップ、51…アパーチ\*

\*ヤ、61, 62a, 62b, 63a, 63b…レーザービーム、64…偏光方向、71…基板、72a~72d, 73…反射膜、74…透明なスペーサー、75…記録ピット、75b, 75c…記録ピット、76…非記録ピット部分、76b…位相変化の影響を受けていない部分、75'…位相変化の影響を受けた部分、77…未記録の記録層、78a, 78b…マスク、79…露光光、80…誘電体膜、81…記録層に垂直入射するプローブ光、82…記録層内のプローブ光、83…スペーサー/記録ピット界面での反射光、84…記録ピット/スペーサー界面での反射光、L1…主結像レンズ、L2…コリメーター、LS…レーザー光源、PS…位相シフター

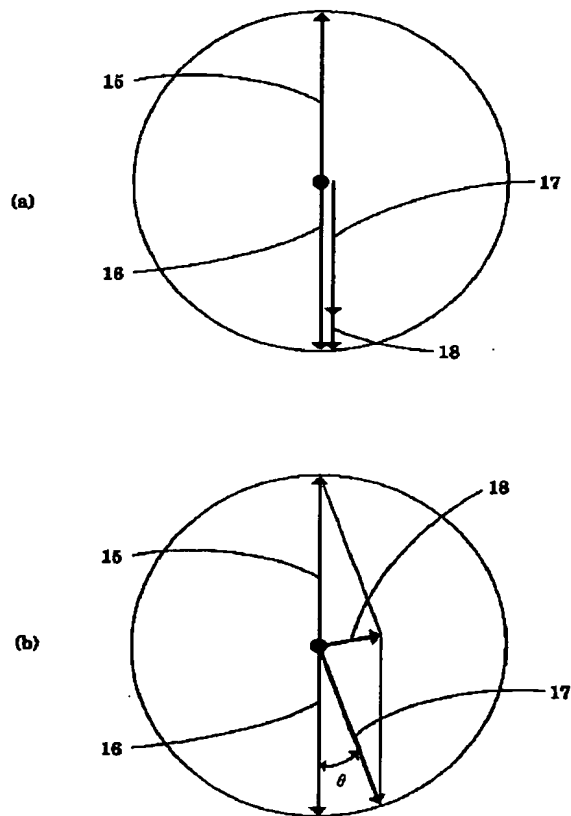
【図1】



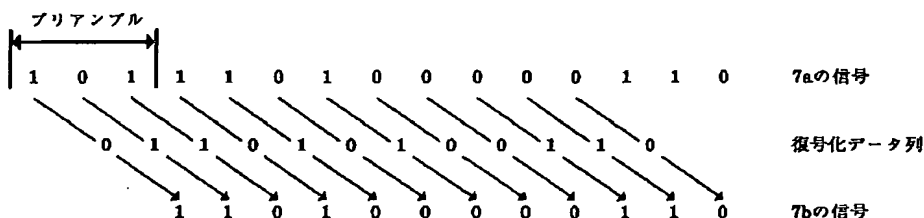
【図2】



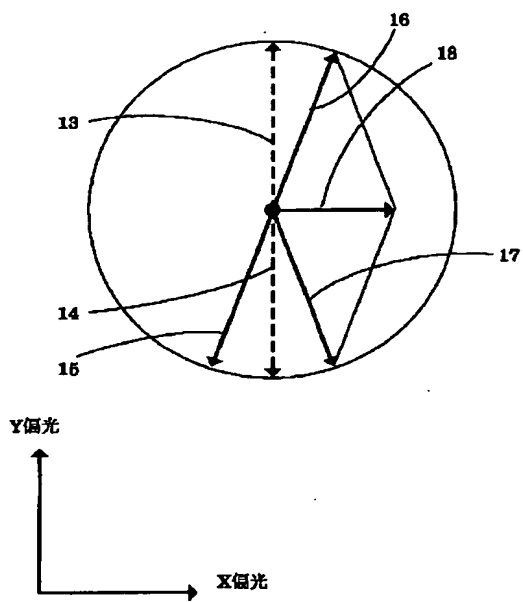
【図3】



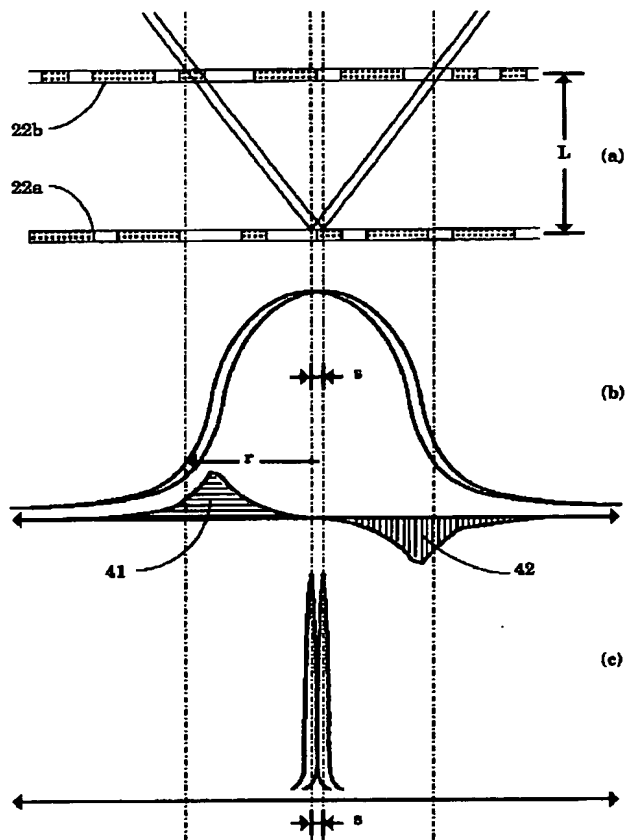
【図10】



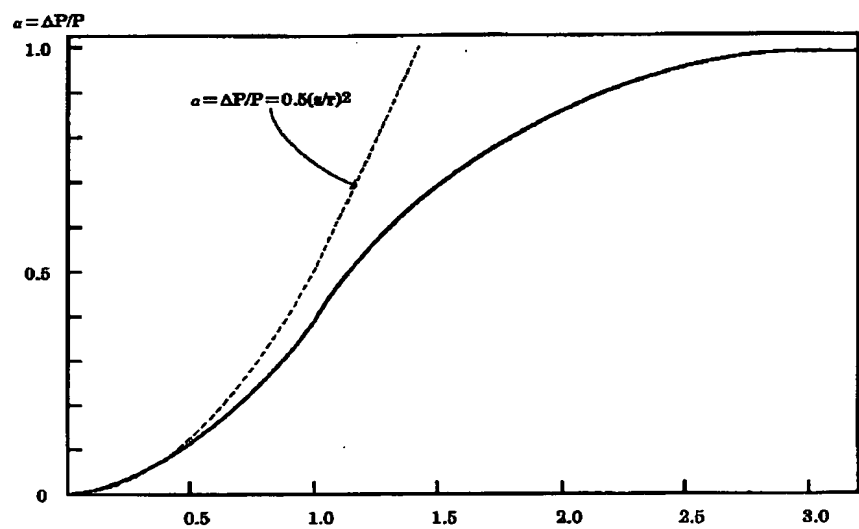
【図4】



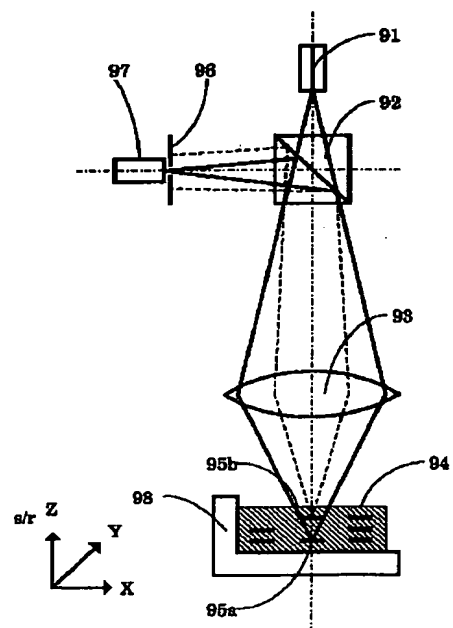
【図5】



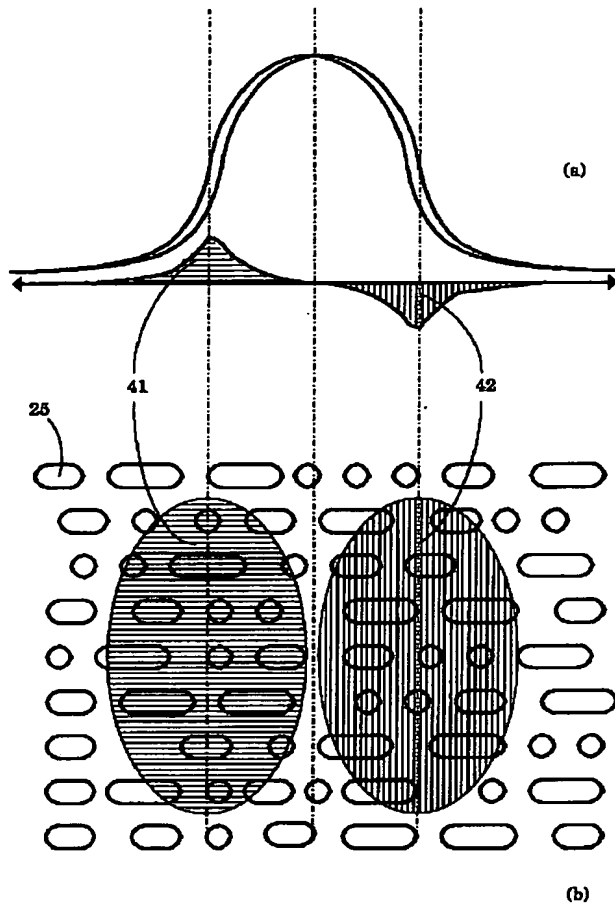
【図7】



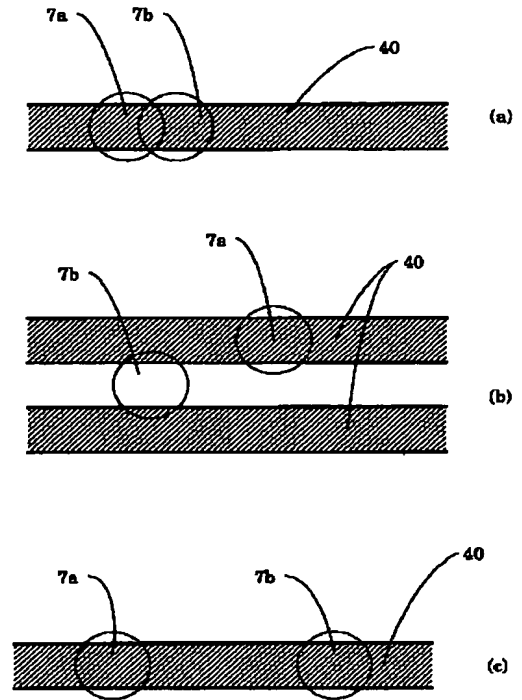
【図23】



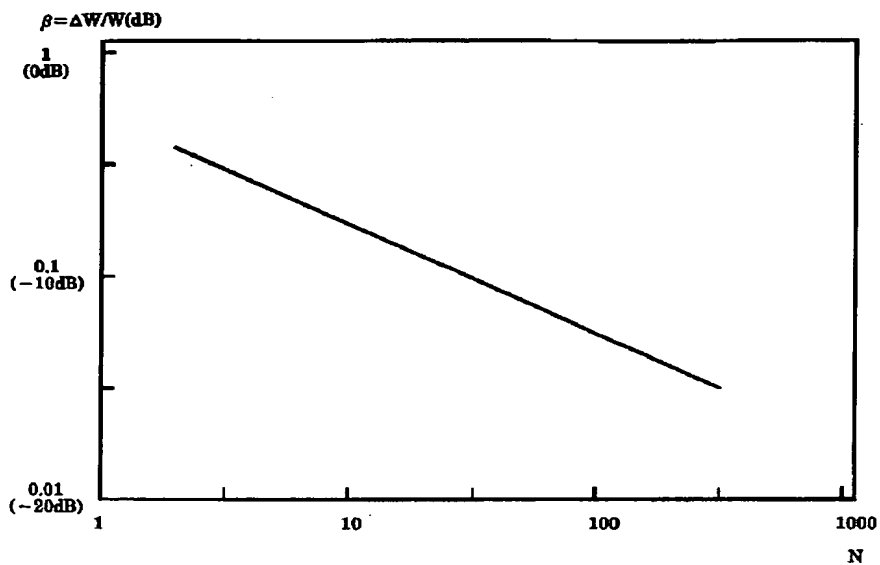
【図6】



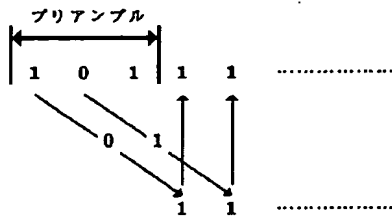
【図9】



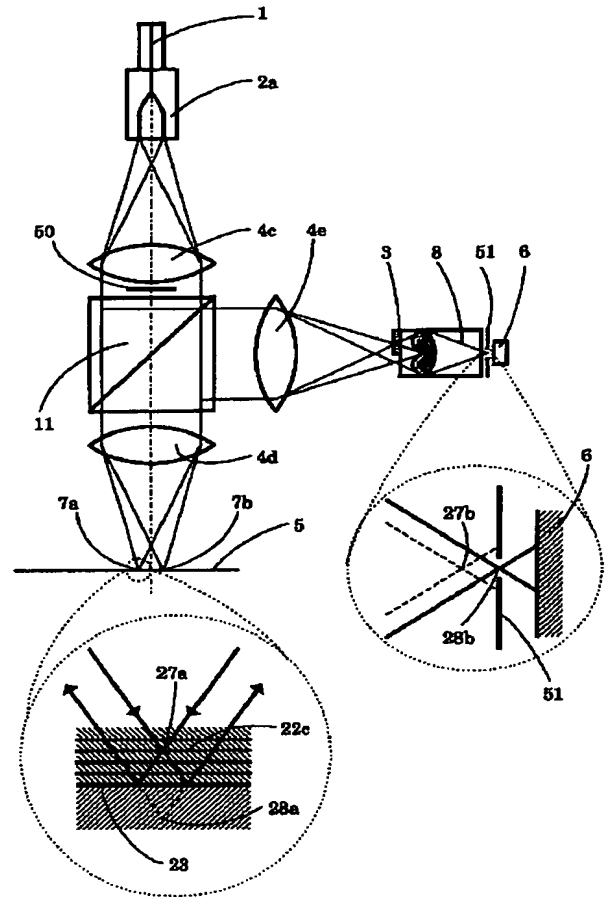
【図8】



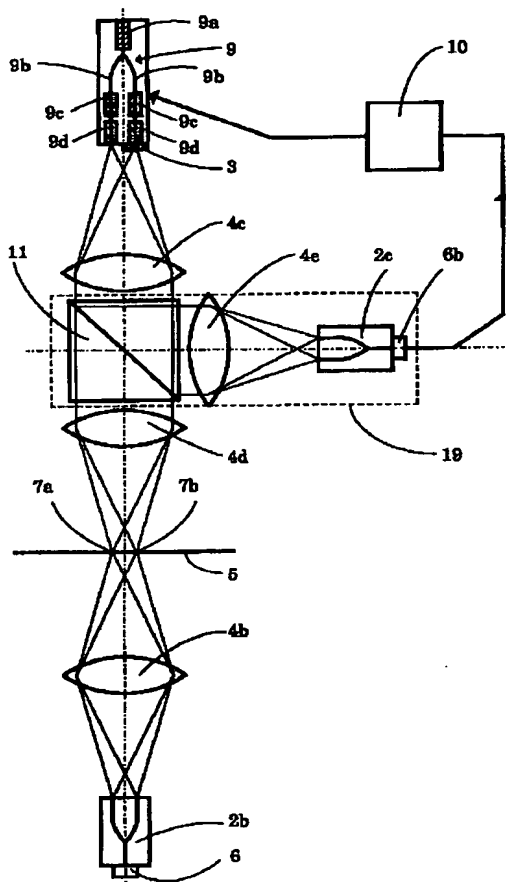
【図 1 1】



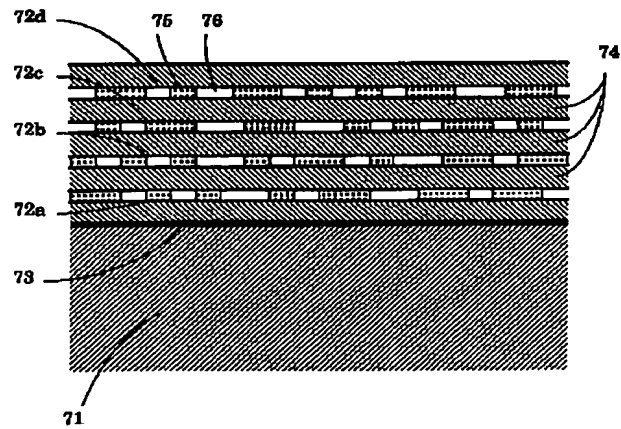
【図 1 2】



【図 1 3】

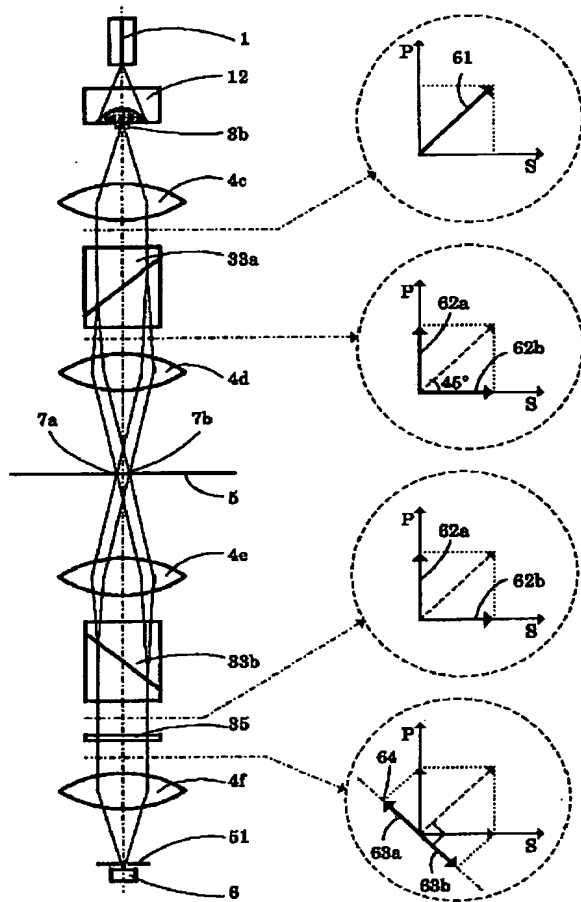


【図 1 6】

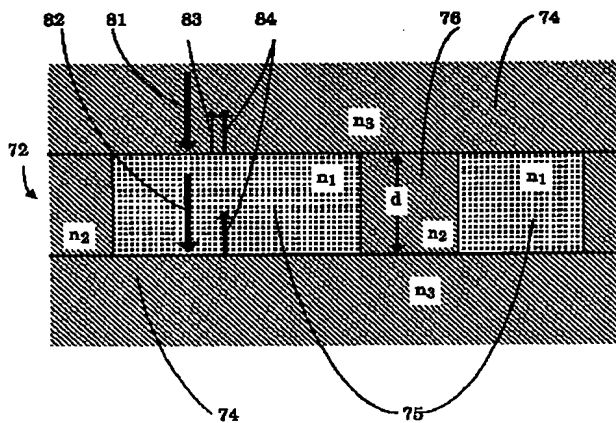




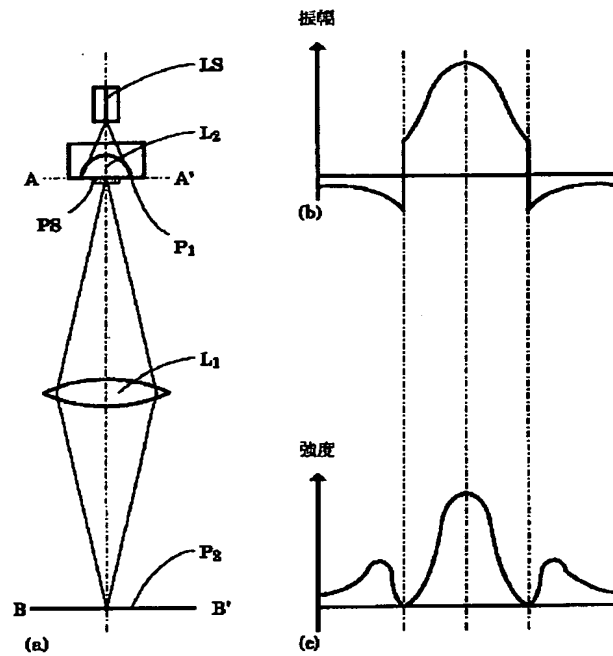
【図14】



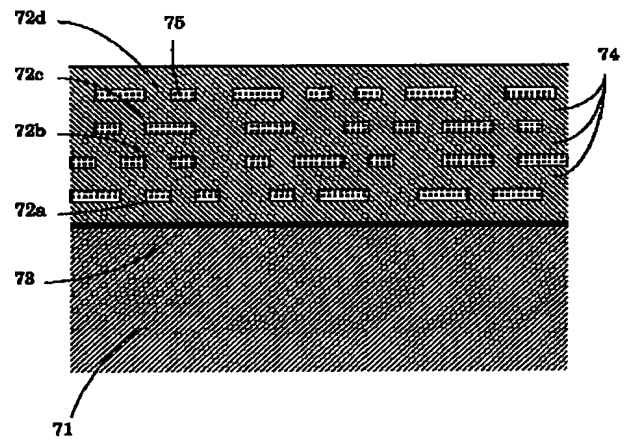
【図18】



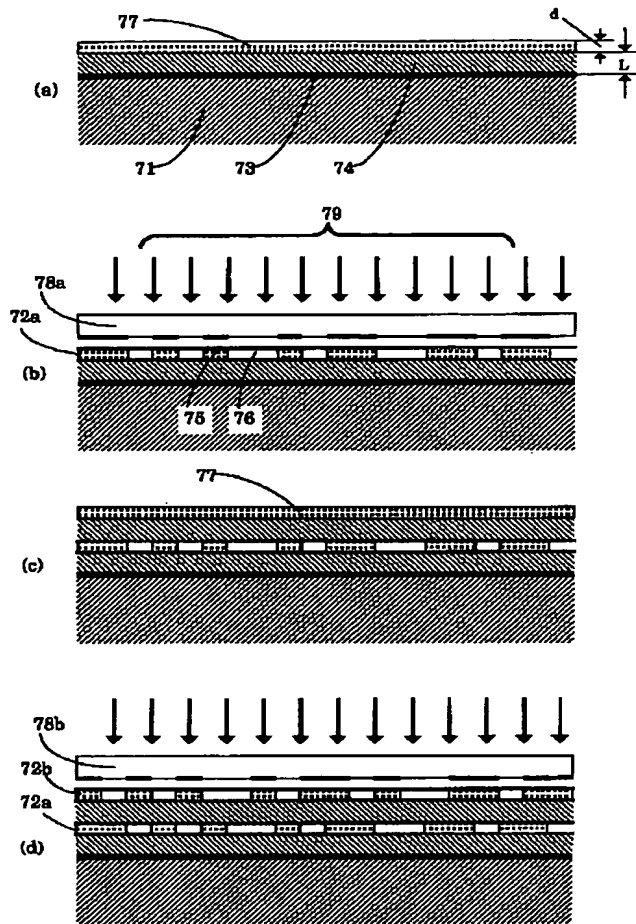
【図15】



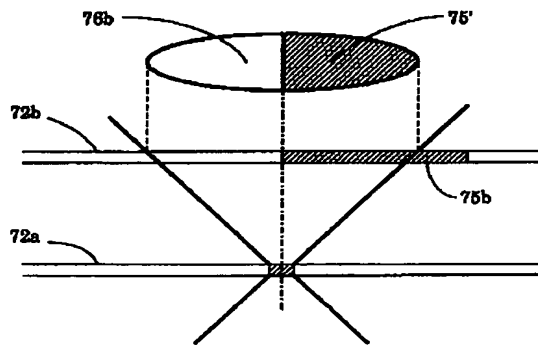
【図19】



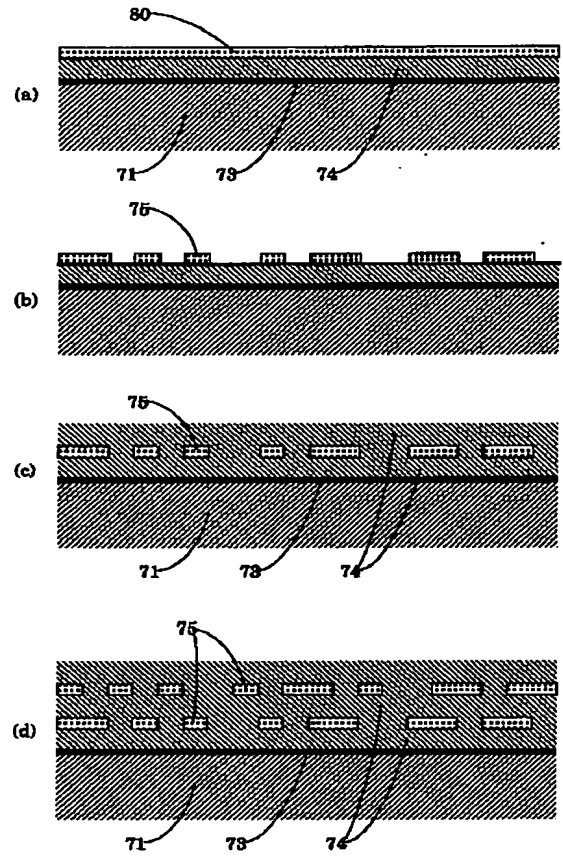
【図17】



【図21】



【図20】



【図22】

